

整理番号:

発送番号:349605 発送日:平成20年 6月17日

1

引用非特許文献

特許出願の番号

特願2004-553826

作成日

平成20年 6月11日

作成者

伊知地 和之

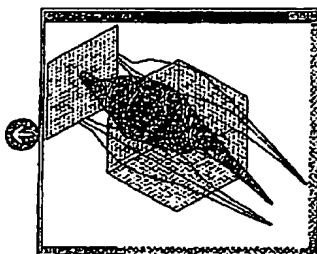
9291 5H00

発明の名称

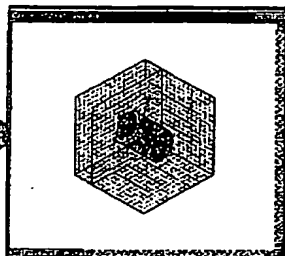
皮膚又は類似物をデジタル式にレンダリングする
方法

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

低価格CGソフトの実力



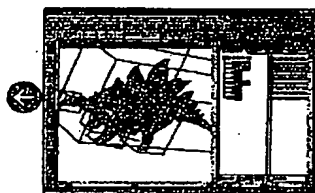
メニューバーから[形状]-[突き出しエンベロープ]-[フリー]を選択。右側と下の横断面に青いラインが赤いバースラインの両側に現れるので、ツールバーのポイントツールから[ポイント変換ツール]を選択して青いライン上のポイントを希望のカーブになるようにドラッグする。このとき、[横断面]-[作成]で横断面を作成すれば断面ごとの形状を整えることができるので、より複雑な形を作ることができる。



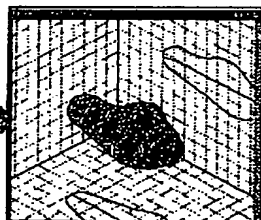
ツールバーから[自由形状ツール]を選択。随時ウィンドウのユニバースまでドラッグし、形状に名前を付けて[OK]ボタンを押す。画面上のメニューバーから[表示]-[既定位置]-[作業面]を選択し、ツールバーから[ペンツール]でステゴサウルスの断面を描く。次に、メニューバーから[表示]-[既定位置]-[基準位置]を選択して元の画面に戻る。今作った断面が、ステゴサウルスの首になるのだ。



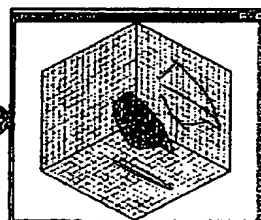
RayDreamStudio5の特徴的な新機能の1つとして、シーンに自動的にライティングやカメラ効果を加えるレンダリングフィルタがある。今回、被写界深度やレンズフレア、3D光円錐(ボリュームライト)などを使って光を強調した距離感のあるシーンを作っていく。



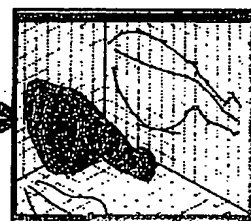
今まで作ってきた体、足、背びれ、顔を並べ大きさを整える。必要であればグループ化し、それぞれに名前を付けておく。



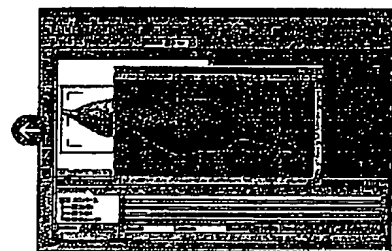
顔のモデリングも[自由形状ツール]を使用するが、[形状]-[突き出しエンベロープ]-[フリー]を選択し、おおまかな形を作ったあと[横断面]-[作成]で横断面を作り、口の部分がくぼむように横断面の形を整えていく。また、目の部分も別オブジェクトで作るため、ここで留めておく必要がある。



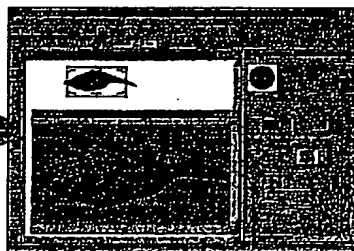
背びれのモデリングにも[自由形状ツール]が活躍する。数多く作らなければならないため、まず1つ作り[編集]-[複製]で複製したものを背中と並べ、大きさや方向を整えたあとグループ化、それを対称に複製して両側の背びれとする。



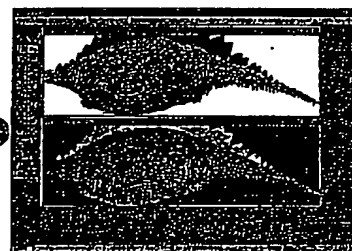
次に足のモデリングだが、体のモデリングと同様[自由形状ツール]を使用して作成していく。また、足に関しては左右2本ずつ作るのではなく、[編集]-[対称に複製]を選択して1本の足を左右対称に作り、赤いバースラインのカーブを変えてポーズをとる。前足についても、同じようにして制作する。



ステゴサウルスの体(単体)を選択した状態で、先ほど作った2つのテクスチャをシェーダーエディタの[カラー]と[バンプ]に使用。さらに[ウィンドウ]-[特性]-[マッピングモード]を選択して貼り方を[立方体]に変更し、テクスチャを横から投影マッピングで貼る。ここで[バンプ]で使ったテクスチャを[ハイライト]や[光沢]に使ってみることで、よりリアルで複雑な質感を得ることができる。ただし、そのまま使ったのでは金属的な質感になってしまい、明るさのライダーを微調整しないと良い質感が得られないので注意してほしい。



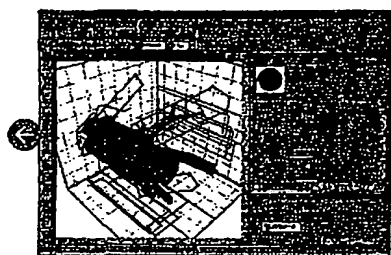
今回の作業では、恐竜の肌はテクスチャを貼って処理しているが、Ray Dream Studio R5から新しく加わったシェーダー関数の「肌」を使えば、わざわざテクスチャを作ることなく簡単にリアルな動物の皮膚を作成することが可能だ。



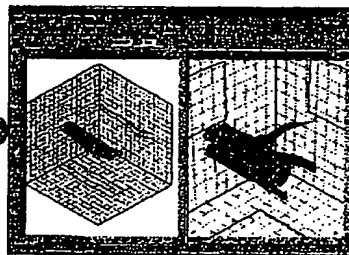
次に質感の設定に入るが、体にテクスチャを貼る。[表示]-[既定位置]-[左]を選択し、ステゴサウルスの体を真横から見た図像を作り境界ボックスいっぱい図像を[PrintScreen]キーでコピーする。この図像をもとに、フォトタッチソフトなどを使ってテクスチャを制作していく。ここでは切り抜いた図像に白と黒でしわを描き、バンプマッピング用のテクスチャを作る。次に、そのテクスチャに隣接の反転、色の補正などを行ない色のついたテクスチャを作成した。

a.
b.
c.
t.
u.

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。



木の皮にテクスチャを貼る場合、[特性]の[マッピングモード]を[パラメータ]に変更することでテクスチャをUV座標にマッピングすることができる。ここでは、[シェーダーエディタ]で[カラー][パンプ]の所にテクスチャマップを読み込んでいる。



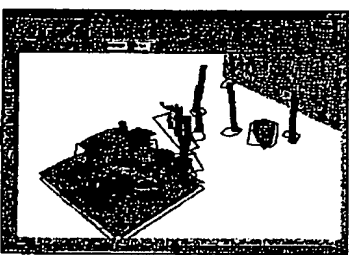
細かな調整もできるよう木の皮を1つずつ作っていく。ある程度形になったら複製して回転させ、円状になるように配置。このとき皮と皮の間にすきまができてしまうので、2つのパースペクティブを出して右の全体的な配置を見ながら左の自由形状画面で形を直し、すきまがなくなるように変形する。



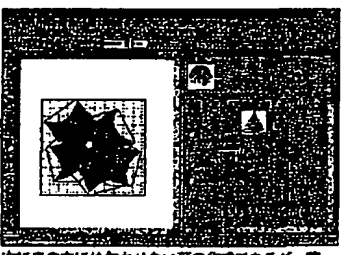
足や腕、背びれなどにも同じようにテクスチャを貼り、質感を整えて恐竜本体のマッピングは完了だ。次は背景の制作に移る。



ライティングの設定だが、今回は3つのライトを配置した。まず1つ目は黄色く強い光にして上から当て、光源マップに木漏れのような模様を使用して森の中を演出した。



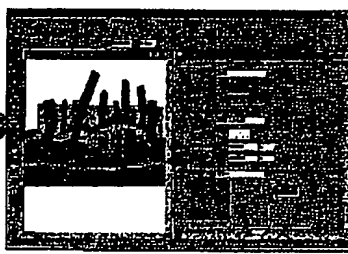
その他の石や木、水面などを作成してそれぞれのオブジェクトを配置する。また、距離感を演出するためにカメラの延長線上にたくさんのオブジェクトを置く。



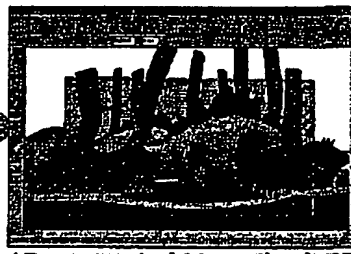
次に森の中には欠かせない草の作成であるが、草っぱを一枚一枚作っていたら容量が大きくなってしまったので、[シェーダーエディタ]の[透明度]にマスクテクスチャを使って1つの面オブジェクトで草を作り上げる。



いよいよレンダリングの作業に入る。今回は、Ray Dream Studio R5の新機能である「被写界深度(Depth of fade)」を使ってレンダリングを行なった。



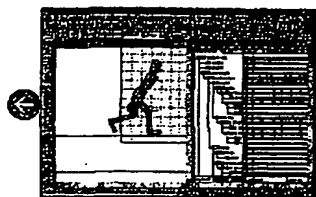
シーンの雰囲気を出すために環境光を青っぽい色に設定する。また、距離感を出すために「距離による霧」を使う。カメラと一番遠くにある背景のオブジェクトを選択すれば、その間の距離が[特性]ウィンドウに表示される。この値を参考に「霧開始位置」と「霧終距離」の値を設定する。



今回、レンダリングに「距離による霧」と「被写界深度」を使用するのだが、背景をマップにするとこれらの効果が背景に現われなくなってしまう。そこで背景を1枚の面オブジェクトとし、そこにテクスチャを貼って背景を作り出した。

RayDreamStudio5による

インバースキネマティックスを使ったアニメーション制作



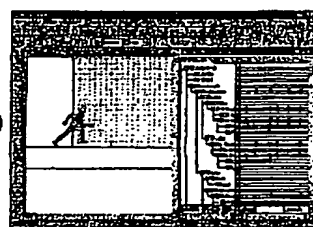

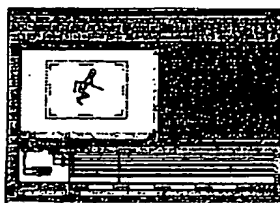
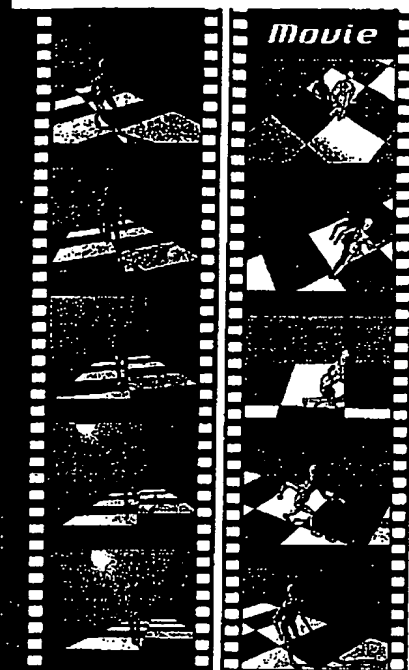
次は、足を膝の動きにあわせてモーションを付ける。腰が最も下がる少し手前くらいで片足が地面に着くように設定。また、腰が上がっているときは両足浮いていることを考えながらアニメーションを付ける。



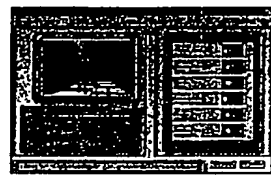
まず、最初の鎖である腰にアニメーションを付ける。人が走るときは前傾姿勢になり、腰が上下にゆれ両足が浮いているときは上がり、片足が地面に着くときと下になっている。このことを考え、あらかじめ前傾姿勢にしておき足の歩幅がどのくらいになるかを想像して腰を上下させながらアニメーションを付けていく。

RayDreamStudioには、低価格ながらインバースキネマティックスの機能がある。画面のように腰を最初の鎖にして、その子供として足、腕、頭という具合にリンクさせる。インバースキネマティックスの動きが適用されている場合、子オブジェクトを動かすと親オブジェクトやチェーンの上にあるすべてのオブジェクトが関連して動くようになっている。この機能を利用してマネキンを走らせてみる。

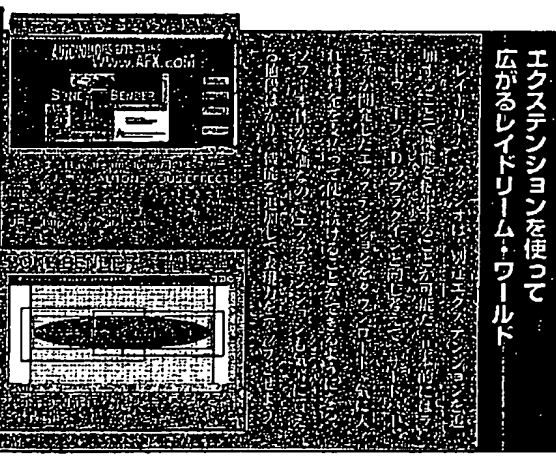
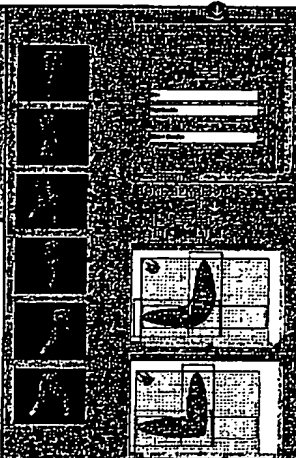
③ 低価格CGソフトの実力



腕のモーションは、足が前に出る側と逆になるように付けられる。また、腕が前に出たときに若干内側に入るようにするリアルな動きをも表現できる。腕の動きはキーフレーム間をクリックし、**[推移オプション]**で**[直線]**から**[ベジェ]**にして曲を握っている感じを出す。これで、マネキンを作るアニメーションが完成した。小さなサイズでレンダリングして動きを確認する。



アニメーションの設定が終わったら最終的なレンダリング作業に入る。ここでは、新規機能である「レンズプレア」と「3D光円錐」を使ってみる。まず、「レンダリング」・「シーンの設定」・「フォルダ」で「レンズプレア」を追加。好みのレンズプレアを選択し、強度を設定する。次に「3D光円錐」を追加し、輝度の値をあまり強くせず（乱流を発生させず）アニメーション「3Dシャドウ」にチェックを入れる。このようにすることで光の強い、スモークを立たせたいようなシーンができるが、マネキンの方の部分は光が当たらないように設定した。



エクステンションを使って
広がるレイドリーム・ワールド



3DCG初心者はこちらで遊ぼう CGA入門キット
DoGA-L1/L2

パリを組み合わせた時がエッセンス
 あつたため用意されていたる大橋
 リングの楽しさを覚え、作ったキ
 ャラクターの色を覚えて、アメリ
 ショを作ることでがさつと統合的
 の3DCGソフト。しかも各局
 部隊毎の制作・アニメーションま
 でサポートし、「ホリエイティブ」
 を使って自分でパーツをクリリン
 グすることも可能だ。この「ガガ
 シリーズ」は、カンパニーにある食
 ソフトの開発者が行なっている。こ
 次のパシジョンであるしを使っ
 てみたいなら、少額でもいいので
 試してほしい。

気持に始められる
SDCQ入門キット

ref④

整理番号:

発送番号:349606 発送日:平成20年 6月17日

1

引用非特許文献

特許出願の番号

特願2004-553826

作成日

平成20年 6月11日

作成者

伊知地 和之

9291 5H00

発明の名称

皮膚又は類似物をデジタル式にレンダリングする
方法

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものである。複製物の取扱いにあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

特許庁文献 93-0743



特集②画像処理技術

物体表面の形状とカラー情報の同期入力手法

Synchronized Acquisition of Cylindrical
Range and Color Data

渡部 保日晃* 末 永 康 仁*

Yasuhiko WATANABE Yasuhito SUENAGA

906F15/62

あらまし 本論文は、計測対象物体の表面形状と表面カラー情報を同時に入力できる三次元入力装置について述べている。この入力装置は、形状計測部としてレーザ光源と白黒CCDカメラを備えており、物体の廻りを1周360度回転する際に、円筒座標三次元形状データを入力する。計測三次元形状データは1周512回標本化され、標本化1回の1垂直走査線当り256点のデータとなる。また、表面カラー情報は、フルカラー(R, G, B各8ビット)で512×256画素の円筒投影画像となる。この装置を用いて人物頭部を含む様々な物体の計測を行い、有効性を確認した。

This paper presents a method of acquiring three-dimensional (3D) data about human faces using a device that acquires 3D range data and surface color data at the same time. Cylindrical range data is measured with a laser light source and a CCD sensor with a resolution of 512 vertical scanlines and 256 points per scanline. The color data is acquired as a cylindrical projection image having 512 by 256 pixel with 24 bits/pixel (8bits each for red, green, and blue). The scanner has been successfully used for scanning human faces and other 3D objects. This paper also describes various applications of the scanner.

まえがき

筆者らは、かねてより人物像に関わる画像認識・生成の研究に携わってきた。この研究は、将来のより優れたヒューマンインタフェースを実現するうえで重要なものである(1)(2)(3)(4)(5)。我々は、普段の生活において相手の意図を理解するために無意識のうちに視覚(目から入ってくる)情報を様々な利用している。例えば、顔、目、鼻、体、指、手や足の動きから様々なメッ

セージを受けとっている。また、時には、相手の顔を見ることなくその意図を推測することもできる。もしも、コンピュータが、このように人間の表情や体の動きを通して我々の意図や動作を理解してくれれば、自然なヒューマンインタフェースが実現できるであろうし、もしもコンピュータが無味乾燥な文字情報だけではなく、人間のような顔や体を表示しつつそのメッセージを伝達できれば、人間とコンピュータの間の意思疎通が格段によくなるはずである。

このような優れたヒューマンインタフェース

本論文は、IEICE TRANS. Vol.E74, No.10, pp.3407-3416 OCTOBER 1991より転載したものである。

*NTTヒューマンインタフェース研究所 NTT Human Interface Laboratories

©日本電信電話株式会社 1993

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

NTT R&D Vol. 42 No.4 1993

を実現するためには、人物像の認識と生成に関する人物頭部(特に顔)と体の三次元モデルが非常に重要になる。この三次元モデルは、単に人物の正確な形状データのみからなるものではなく、それぞれ、表面のカラー情報・模様などの属性を持つ種々の部品から構成され、しかも動き(動作)が可能でなければならない。特に、表面カラー情報は人物像の認識・生成に関して重要な要素である。このような点から、人物の形状とその表面カラー情報を同時に完全に同期した形で入力することが重要となる。しかしながら、三次元形状とその表面カラー情報を同期して入力できる既存の装置は実在していなかった。

このような状況において、本論文では、新たに開発した、計測対象物体の表面形状と表面カラー情報を同時に入力できる三次元入力装置について述べている。まず、2章において、既存の計測技術により顔の形状と表面カラー情報を入力する際の問題点を述べ、3章において、新開発の三次元入力装置の構成および仕様について述べるとともに、それを用いての入力結果を例示する。4章において応用例として、

- ・表情合成
- ・三次元領域抽出
- ・顔画像データベース作成

等を示す。最後に5章において、まとめとともに本入力装置に残された問題点および今後の検討課題に関して述べる。

2 形状とカラー計測

すべての物体は、その表面の「形状」と「カラー」という2つの情報を持っている。物体の形状とはその表面上において計測される位置情報と考えられ、またカラーはその表面上での反射特性とも考えられる。我々は、通常、視覚を通して感じられる色(模様)の違いを通して物体の形と色の両方を認識しており、実際の物体

に関する「形状」と「カラー」の両者を、きわめてあいまいに捉えている。例えば、コンピュータグラフィックス(CG)の分野では、三次元の物体モデルからその形を感じさせるような二次元画像を生成するために様々な反射モデルが利用されており、その逆に、コンピュータビジョン(CV)の分野では、二次元画像から三次元の物体形状モデルを構築することが重要な課題となっている。

「形状」の計測に関しては、今日多くの実用的距離計測システムがあり⁽¹⁾⁽²⁾、「カラー」の計測に関しては、商用のカラーTVカメラやカラースキャナなど非常に多くの手法がある。このように、「形状」と「カラー」を計測することは、それぞれ別個の形状計測手法とカラー計測手法を使うことできわめて容易に行えるように見えるが、CV、CGの両面から捉えると実際には以下のような問題がある。

様々な物体の認識と生成のためには、三次元「形状(距離)」データと、「カラー(テクスチャ)」データが必要であり、しかも互いに一致していなければならない。すでに述べたように、両者はそれぞれ異なった手法で入力される。その際、人間の顔や体のように動く対象の場合には、両手法によって入力する時間差により、「形状」と「カラー」の両データを整合するのが困難であり、さらに、カメラや照明などの条件も異なることもある。両データをある程度自動的に整合することも可能ではあるが、先に述べたように本質的には困難である。したがって、両データの整合のためには手作業による長時間の作業を必要とする。例えば、Williamsは、レーザを用いた距離計測装置と、ペリフェラルフォトカメラを用いて、「形状」と「カラー」を別々に計測した後、手作業によって両者を整合するために2時間以上を要したが、それでも近似の域を出なかった⁽³⁾。それぞれ別個に「形状」と「カラー」を計測する既存の手法は、「不完全」な(一致しない)三次元形状と表面カラー情報を入力

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

物体表面の形状とカラー情報の同期入力手法

できるにすぎない。このため、「形状」と「カラー」が完全に一致せず、応用領域が限られていた。

このような理由から、「形状」と「カラー」を同時に入力することが非常に重要となる。本論文で述べるスキャナはこの目的を達成するために設計されたもので、「完全」に同期した（一致した）物体の三次元形状と表面カラー情報の入力を可能とし、（三次元情報を用いた）応用領域を拡大することができる。

スキャナ

三次元形状と表面カラー情報を入力するためには、暗室等で使わねばならないような距離計測装置は不適切であり、通常の照明環境でデータ入力できることが望ましい。このため、筆者らはスキャナを開発する際に、レーザを用いた距離計測装置と通常のカラーTVカメラを用いることとした。その理由は、レーザ距離計測装置は実用条件下において最も安定して三次元距離データの入力が可能であり、カラーTVカメラは表面カラー情報の入力に関して最もポピュラーかつ便利なものだからである。

三次元入力装置ECHOスキャナは、図1に示すような外観を持ち、レーザを用いて円筒座標距離データを計測する装置である（スリット光投射型）。筆者らは、このECHOスキャナのディジタイザユニット内にTVカメラを用いた表面カラー情報の入力サブシステムを組み込み、両機能の融合と同期を図り、世界初の物体表面の形状とカラー情報を同期（同時）入力できるスキャナを実現した¹⁾。

本スキャナにおいては、計測すべき物体をセンタテーブル上に固定し、レーザ光源、距離計測のためのCCDセンサ、表面カラー情報計測のためのカラーTVカメラを備えたディジタイザ



図1 スキャナ外観

ユニットが約15秒間に物体の周囲を360度回転し、その物体の形状とカラー情報を同期入力する。センタテーブルの直径は約1.5m、装置の高さは約1.7mである。ディジタイザユニットがセンタテーブルの廻りを回転するため、実際には約2m×2mの設置面積を必要とする。

本スキャナのディジタイザユニットの構成を図2に示し、以下に形状およびカラーの計測方法を述べる。

(1) 三次元形状計測¹⁾

円筒座標距離データは、レーザ光源とCCDセンサを用いて計測され、その解像度は1周512サンプル、1サンプル（1垂直スキャンライン）当たり256点である。この距離計測方式は、スリット光投射型に分類され、レーザ光源から発したレーザビームはレンズによって垂直スリット光に分散され物体上に投影される。CCDセンサは、物体上に投影されたスリット光を観測することで距離を計測する。

三次元形状は、レーザ光源、AからDの4つのミラー、ハーフミラー、白黒CCDカメラにより構成されるレンジファインダによって行われる。まず、レーザ光源からのビームは、レンズによ

¹⁾ 論文中のゴシック文字は、本論文末に解説があります。

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

NTT R&D Vol. 42 No.4 1993

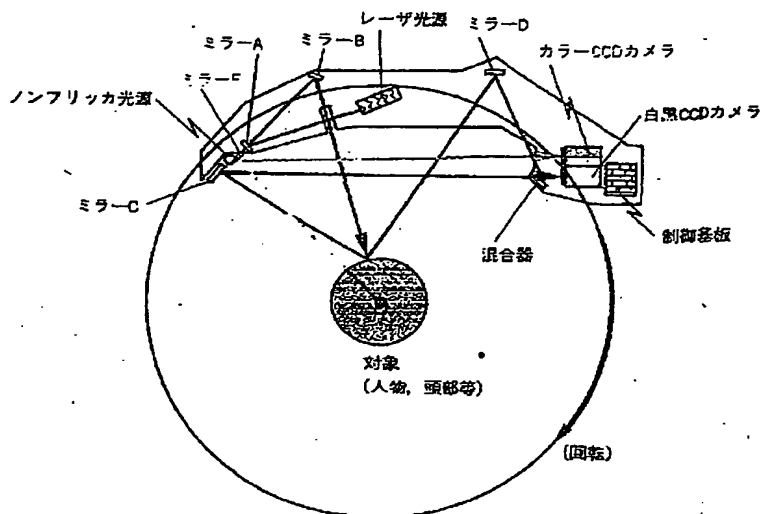


図2 スキャナヘッドの構成

って垂直のファンビーム（図2はトップビューなのでこれが現れていない）に拡散され、ミラーA、Bにより反射され、物体表面に照射される。物体上に照射された垂直ファンビームは、ミラーC、Dおよびハーフミラーを經由して白黒CCDカメラにおいて観測される。物体上におけるオクルージョン[†]を避けるために、レーザービームの照射位置を2方向から観測しており、ミラーCおよびミラーDの両経路とも同一の距離になっており、ハーフミラーが両者を混合している。

(2) 表面カラー情報計測

表面カラー情報は、垂直ノンフリッカ光源、ミラーEおよびカラーCCDカメラから構成されるカラー計測ユニットにより行われる。物体表面にて反射した光はミラーEを經由してカラーCCDカメラにおいて観測される。

以上説明したように、三次元形状データと表面カラーデータは、各々白黒CCDカメラ、カラーCCDカメラの独立したセンサによって計測されるため、物体上の形状計測とカラー計測に関して水平面上での位置ずれがある（垂直面で

の位置ずれはほとんどない）。しかし、白黒CCDカメラとカラーCCDカメラは極力近い位置に設置しているため、このずれはわずかである。実際、図2において白黒CCDカメラの大きさは誇張して描いている。この設置位置のずれが大きくなったとしても、形状計測とカラー計測を行うディジタイザユニットは物体の廻りを光源、ミラー、カメラ等の（幾何学的）配置を保存した状態で回転するため、結果的には形状とカラーの位相ずれになるのみであり、両者は、計測後一致させることができる。

測定精度は、高さ350mm、直径350mmの円筒の表面を計測した際に0.7mm以下である。このスキャナの動作は小型計算機（PC）によって制御されている。このPCによって、ディジタイザユニットの回転時に計測される形状データおよび表面カラーデータをバッファリングし、それと同時にLAN（Ethernet）を經由してワークステーション（WS）へのデータ転送を制御する。WSにおいて、計測された距離データは、512×256点の三次元（x, y, z）座標へと変換される。表面カラー情報はカラーTVカメラを用い

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

物体表面の形状とカラー情報の同期入力手法

て、512×256画素の円筒投影画像（24ビットフルカラー）として入力される。このように、円筒座標形状データと、表面カラー情報が同時に計測できるため、その計測データにおいて「形状」および「カラー」は一致した（同期した）ものとなる。

実 験

4.1 人物頭部の計測

図3は、本スキャナにより人物頭部を計測した結果である。図3(a)は、入力された三次元形状（距離）データのみを用いて画像生成した正面、側面像である。これらは、光源を顔正面方向に配置し形状データをグーロシェーディング¹にて生成した。図3(b)は入力された表面カラー情報（24ビットフルカラー、R、G、B各8ビット）で512×256の解像度を持つ。図3(c)は、上記(a)の形状情報に対して(b)の表面カラー情報をテクスチャマップして画像生成したものである。こと「形状」に関して言えば、表面カラー情報のない(a)の方が、(c)と比較してより細かな凹凸をも表現していることが分かる。

4.2 表情生成

図4は、表情生成例であり、図3のデータを



図3 人物頭部計測結果（口絵参照）



図4 表情生成（口絵参照）

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

NTT R&D Vol. 42 No.4 1993

用いて表情のアニメーションを生成した結果である。原データが、三次元形状および表面カラー情報からなるため、上、中、下段それぞれ、異なる視点からの映像を生成している。図4において、最も左側が、原データからの映像である。他の映像は、三次元形状データに対して「微笑み」の表情変化を与えて生成したものである。「微笑み」の変化は、両目尻、口の両端の4点

に対して変形を与えることで生成され、4点周辺の領域の変形は線型補間により自動的に与えられている。

4.3 種々の物体の計測

図5～図8はそれぞれ、地球儀、スキー靴、花瓶、毛皮の人形を計測した結果である。それぞれの図において、三次元形状データを表すワ

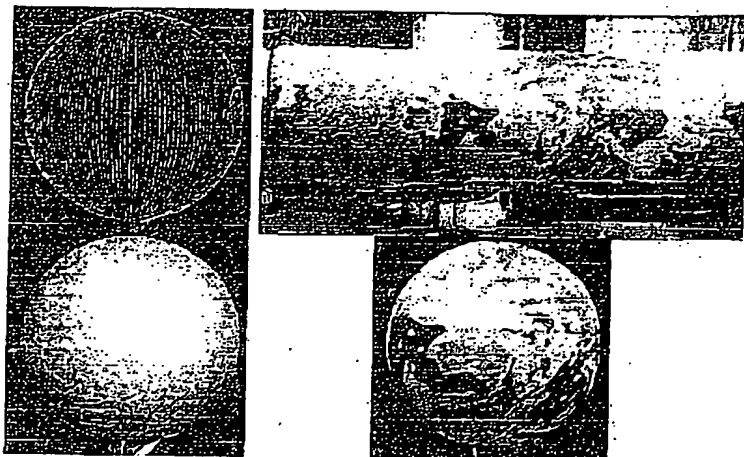


図5 地球儀



図6 スキー靴

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

物体表面の形状とカラー情報の同期入力手法

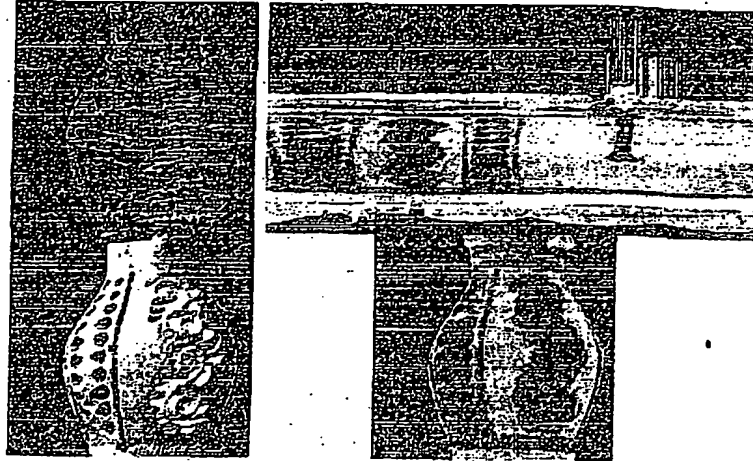


図7 花 瓶

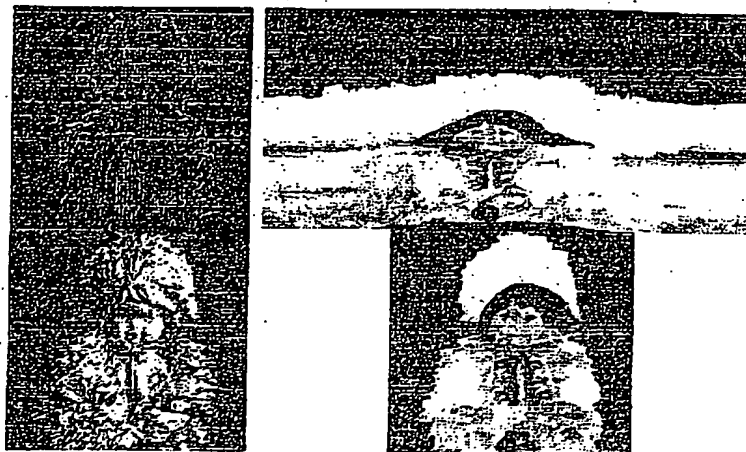


図8 毛皮の人形

イヤフレーム表示、形状データのみから生成した画像、表面カラー情報データを示し、三次元形状と表面カラー情報の両方を使うことで、それぞれ三次元物体の完全な表示を再構成している。

4.4 三次元領域抽出

本論文で述べるスキャナの最大の利点は、三次元形状とその表面カラーの完全に同期(一致)

した入力が行えることである。このため、入力された形状データの標本点がカラーデータの画素ごとに操作可能になる。しかも、表面カラーデータは二次元画像(円筒投影型)のため、通常の画像処理を適用できる。

図9は、顔データに対して三次元的な皮膚領域の抽出を行った例である。図9(a)はスキャナにより入力した顔データであり、(b)はその表面カラー情報である。図9(c)は、MDLクラスタリ

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

NTT R&D Vol. 42 No.4 1993

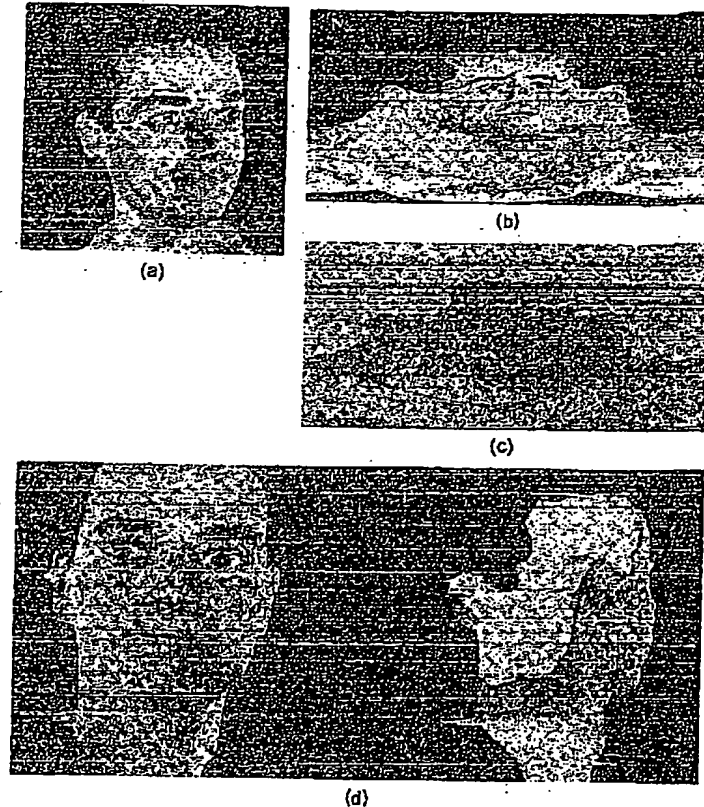


図9 皮膚領域の抽出

ング[†]手法をカラー情報のR, G, B空間に適用することによって領域ごとに分割（ラベリング）した結果である¹⁰⁾。顔の皮膚領域は1つのラベル領域になり、かつすでに述べたようにカラー情報と三次元形状情報は計測点ごとに対応しているので、計測形状情報の中から皮膚を構成する領域を容易に抽出できる。図9(d)は、このようにして原入力データのサブセットとなる「皮膚領域」からなる三次元形状データを映像化したものである。なお、ここでは目、口、鼻腔、耳の穴等の領域をも皮膚領域に含めている。その他、例えば目、口などの顔の構成要素からなるサブセットを抽出することも可能である。ここの領域抽出例より、種々の応用において三

次元形状を操作する際、二次元カラー画像の処理が有効であることを示している。

4.5 顔画像データベース

ここでは、本論文で述べるスキャナが、二次元および三次元顔画像データベースを構築する際にも有用であることを示す。一般に顔の認識システムのためには、マッチングのために、非常に多くの顔画像を含むような画像データベースを構築する必要がある。顔画像に対するパターンマッチングが種々の環境の下でなされねばならないことから、それらの条件を満たす顔のテンプレート画像すべてを用意することが望ましいが、通常それは困難である。というのも、

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

物体表面の形状とカラー情報の同期入力手法

我々はある決まった向きに頭を固定していることが難しく(例えば、カメラにまっすぐに向かっているつもりでも少し傾いたりしている)、テンプレートを用意するために画像入力を繰り返すのは不合理である。しかも、複数の人物から、各人共通の条件の画像を入力することも難しい。だからといって、位置、大きさ、角度等に制約の大きい認識システムでは役に立たない。ところが、本論文で述べるスキャナを使うことによりこれらの問題が解決できる。入力した三次元データは、図10に示すような基準に従い方向合わせをすることで、各人に共通の姿勢を作り出すことができる。

三次元顔画像データベースは、スキャナで入力した形状と表面カラーデータを用いて構築することができる。実際に本スキャナにより入力したデータにより、三次元データを用いた認識の実験も行われている⁽¹⁵⁾。また、スキャナにより入力した表面カラー情報は、二次元顔画像の再構築にも利用でき、例えば、図3に示した顔形状に図10に示したような補正を行うことで、図11に示すように表面カラー情報の正規化を行うことができる。

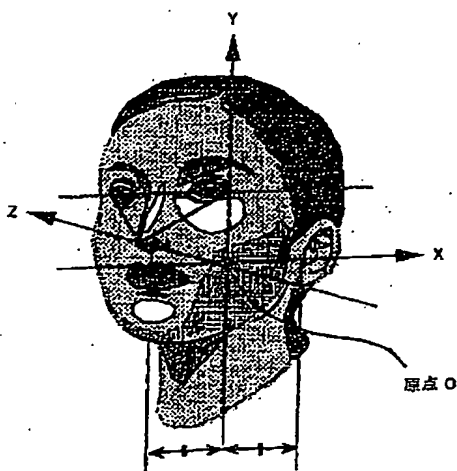


図10 頭部の標準座標系



図11 表面カラー情報の正規化

以上述べたように、様々なカメラアングルや照明条件の下で撮影を繰り返すよりも、スキャナによって三次元形状および表面カラー情報をいったん入力し、CG技術によって画像生成する方がはるかに容易である。すなわち、スキャナにより入力した三次元顔データに対して、任意のカメラアングルや照明条件の二次元画像を生成することは、二次元顔画像データベースを構築するのに有効な手法である。

あ と が き

本論文では、新たに開発した三次元形状と表面カラー情報を同時に入力できるスキャナを用いた三次元計測に関する応用について述べた。ここで述べた応用は一般の三次元物体のデータ入力にも利用することができ、物体の形状およびカラーをより高精度に入力する際にも同様に利用できる。その他、種々の応用として三次元データベースの作成にも利用できる。

筆者らは、本論文で述べたスキャナを、もっぱら人物像(顔、体、手足)の入力に利用しているが、ここで述べた手法は、人物全身の三次元データベースの作成にも有効である。この人物の三次元データベースはより優れたヒューマンインタフェースを実現するためのみならず、モデルベース符号化にも応用できる。しかし、顔のみに関して言えば、他の手法により三次元データベースを構築することも可能である。例えば、筆者らは、顔の正面像、側面像の写真か

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

NTT R&D Vol. 42 No.4 1993

ら三次元顔モデルを再構築する手法についてすでに発表している¹⁾。この手法では、入力機器として正面、側面の画像を入力するためのTVカメラのみで十分であったが、標準三次元顔部モデルと入力した画像のマッチングが必要であった。このため、対象として人物顔部モデルの入力のみに限定されていた。したがって、この手法と本論文で述べたスキャナによる入力手法を組み合わせることによって、より理想に近い手法を実現できる可能性がある。

最後に、本スキャナに残されたいくつかの問題点を示す。

計測時間:ディジタイザユニットが1周するための、約15秒という時間はいまだ長すぎるものである。人物顔部を計測する際、本スキャナが顔の部分を計測しているのはわずか3秒程度であるものの、この時間だけでも視線を固定しているのは容易ではない。したがって、人物の顔を計測することに関しては、より計測時間の短縮化が必須であり、そのためには全体的に電子的な計測方式が必要である。

計測範囲:本論文で述べたスキャナの計測できる範囲は直径約40cm、高さ40cm程度の円筒領域に限定されている。例えば、人物像全身を1度に入力するなどの応用のためには、より広い計測範囲を必要とする。

サイズ:本論文で述べたスキャナは、約2m×2mの設置面積を必要としており、そのため移動も困難である。人物の顔の入力に関しては、計測範囲とのトレードオフを考慮したうえで、特に小型化が望まれる。

計測環境:より適切な表面カラー計測のためにディジタイザユニットにはフリッカのない垂直の長い光源を用いているが、照明の不十分な領域でレーザ光の影響により表面カラーの計測が不適切になる。スキャナ自体にとっては、均一な照明条件の下で利用することが望ましいが、実際にこれを達成するのは容易ではなく、計測環境の影響を受けない方式の開発が望まれる。

完全な同期:レーザ光源を用いた形状計測と、カラーTVカメラを用いた表面カラーの計測を同時に行うために、物体上において形状とカラーの計測を行う位置を若干ずらしている。本来は、完全な1つのセンサとして形状とカラーの同期計測が行えることが望ましい。

以上述べたように、完全なデータ入力のためにはいくつかの解決すべき問題が残されているものの、本論文で述べたスキャナは、世界初の物体表面の形状とカラー情報を同期入力できるスキャナを実現したものであり、本論文の検討は、今後、より優れた三次元入力方式を開発するうえで有用なものである。

謝 辞

スキャナを開発するうえで協力を得た米国サイバーウェア社のDavid Addleman社長に感謝するとともに、本研究を進めるにあたり貴重なご意見をいただいたマルチメディア処理研究部の皆さまに深謝いたします。また、実験を進める際にモデルとして協力していただいたヒューマンインタフェース研究所笠江尚彦前所長に特に感謝いたします。

文 献

- (1) R. A. Jarvis: A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision. Trans. IEEE, PAMI, 5, No.2, pp.122-139, 1983.
- (2) F. I. Parke: A model for Human Face that Allows Speech Synchronized Animation. In Computer Graphics, 1, pp.3-4, 1975.
- (3) F. I. Parke: Parameterized Models for Facial Animation. IEEE Computer Graphics and Applications, pp.61-68, 1982.
- (4) K. Mase, Y. Watanabe and Y. Suenaga: A Real-time Head Motion Detection System. In SPIE Workshop on Sensing and Reconstruction of Three-Dimensional Objects and Scenes,

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

物体表面の形状とカラー情報の同期入力手法

- 1290, pp.262-269, Santa Clara, CA, Feb., 1989.
- (5) L. Williams: Performance-Driven Facial Animation. In Computer Graphics (SIGGRAPH '90), 24(4), pp.235-242, Aug., 1990.
- (6) R. Wallace and T. Kanade: Finding Natural Clusters Having Minimum Description Length. In 10th-ICPR, pp.438-442, Jun., 1990.
- (7) T. Akimoto, R. S. Wallace and Y. Suenaga: Automatic Creation of Facial Model for Generating Facial Images. In MVA '90 (IAPR Workshop on Machine Vision Applications), pp.291-294, Tokyo, 1990.
- (8) Y. Sueanga and Y. Watanabe: A Method for the Synchronized Acquisition of Cylindrical Range and Color Data. In MVA '90 (IAPR Workshop on Machine Vision Applications), pp.137-141, Tokyo, Nov., 1990.
- (9) Y. Watanabe and Y. Suenaga: Drawing Human Hair Using Wisp Model. In CG International '89, pp.691-700, Jun., 1989.
- 00 井口: 三次元センシング技術の現状. 画像ラボ, 1(4), pp.44-47, Apr., 1990.
- 01 山名・末永: 関数制御型異方性反射モデルを用いた頭髮の質感表現. 信学論, J73-D-II, No. 5, pp.880-886, Jun., 1990.
- 02 秋本: あごの三次元モデルと表皮の自動変形による表情と動きを持つ顔画像の生成. In NICOGRAPH '86, pp. 207-213, 1986.
- 03 赤松・佐々木・深町・末永: 正面顔画像の自動識別法の検討. 信学技法, IE81-50, Sept., 1991.
- 04 相沢・原島・斎藤: 構造モデルを用いた画像の分析合成符号化方式. 信学論, J72-B-I, No. 3, pp.351-359, Mar., 1989.
- 05 増井・赤松・末永: 三次元計測に基づく顔画像認識の基礎検討. 1990春季信学全大, D-540, pp.7-292, Mar., 1990.

用語解説

MDLクラスタリング

入力が画像の場合には、その色彩情報に基づき領域分割する手法である。まず、入力画像の色彩データから、クラスタ木を生成し、次に、そのクラスタ木の葉にあたる色彩情報をそれぞれの値に基づき距離を算出することでまとめていく (MDL: Minimum Description Length)。この最も大きな特徴は、あらかじめ分割数を与えなくともよいことである。

三次元形状計測

三次元形状計測には、受動的計測手法 (代表的なものに「ステレオ画像法」) と能動的計測手法がある。信頼性の高いデータを得るためには、後者が採用される。その中には、「光レーザ型」、「位相差計測型」、「スポット光投影型」、「スリット光投影型」、「空間コード化型」等がある。この中で、スリット光投影型の特徴は計測時間、分解能、コストの点でバランスのとれていることである。

オクルージョン (Occlusion)

例えば、左のはおにレーザービームが照射されている場合に、その照射位置は左方向からは観測できるが、右方向からは鼻に隠され、観測できない。このような事象をいう。

グーロシェーディング

スムーズシェーディング手法の一つである。例えば、描画される多角形が三角形分割された後、それぞれの頂点の輝度が L_1, L_2, L_3 とする。このとき、線形補間式を用いて三角形内部のすべての画素点の輝度を決定する方法。1本のスキャンラインと三角形の交点 (x_a, y_a) 、 (x_b, y_b) の輝度 L_a, L_b は、次式で与えられる。

$$L_a = L_1 \frac{y_a - y_2}{y_1 - y_2} + L_2 \frac{y_1 - y_a}{y_1 - y_2}$$

$$L_b = L_1 \frac{y_b - y_2}{y_1 - y_2} + L_2 \frac{y_1 - y_b}{y_1 - y_2}$$

これによってスキャンライン上の点 $P(x_p, y_p)$ の輝度 L_p は次の式で求められる。

$$L_p = L_a \frac{x_b - x_p}{x_b - x_a} + L_b \frac{x_p - x_a}{x_b - x_a}$$

各頂点の輝度はその頂点を構成する各面の向

本複製物は、特許庁が著作権法第42条第2項第1号の規定により複製したものです。
取扱にあたっては、著作権侵害とならないよう十分にご注意ください。

NTT R&D Vol. 42 No.4 1993

きから、その法線方向の平均値を求めて、その向きを頂点の向きとして輝度 L_p を計算する。



渡部 保日晃

ヒューマンインタフェース研究所主任
研究員

昭和56年入社。主に画像通信端末の研究に従事。現在、コンピュータグラフィックスの研究に従事。

昭和56年新潟大学工学部情報工学科卒業。

情報処理学会会員。

NICOGRAPH'89論文賞（入選）受賞。



末永 康仁

ヒューマンインタフェース研究所主幹
研究員

昭和48年入社。以来一貫して画像処理の研究に従事（昭和60年MIT客員研究員）。

昭和43年名古屋大学工学部電気工学科卒業。48年同大学院博士課程修了。49年工学博士（名古屋大学）。

電子情報通信学会・情報処理学会会員。

昭和52年電子通信学会学術奨励賞受賞。
NICOGRAPH'89論文賞（入選）受賞。